

大型高精度高通滤波器制造工艺研究

冯德贵,李俊涛

(中国电子科技集团第三十八研究所,安徽 合肥 230031)

摘 要:某雷达高精度的高通滤波器,结构复杂,采用常规的机械加工方法无法实现,必须将其分解成几个结构件分别加工,再将其连接成腔体。提高各部件的接触面尺寸及形位精度,设计合适的焊接结构及装配定位结构,采用真空铝钎焊的方式实现高精度连接,满足其结构设计要求。

关键词:高通滤波器;真空铝钎焊;工艺结构设计

中图分类号:TN713

文献标识码:A

文章编号:1001-3474(2009)02-0104-03

Research on Manufacturing Process of the High-pass Filter With High-accuracy

FENG De-gui, LI Jun-tao

(CETC No. 38 Research Institute, Hefei 230031, China)

Abstract: The high-pass filter of one high-accuracy radar can not be processed with normal machining method because of the complicated structure, and the manufacture of the high-pass-filter has to be divided into several parts. Then restructure the filter after each part processed. It is important to exact the precision of the contact surface dimension of each part and the dimension of position and figure. Design for welding and the assembly position structure are also very important. The figure will not change after welded with vacuum AL-brazing. It meets the needs for structure performance.

Key words: High-pass filter; Vacuum AL-brazing; Structure design

Document Code: A

Article ID: 1001-3474(2009)02-0104-03

雷达发射机会寄生一些低频杂谱,这些杂谱会严重地影响到其它通讯设备,高通滤波器能有效滤除雷达发射机产生的低频杂谱,解决干扰问题。它是利用波导口径的变换达到滤除低频信号的目的,为了使传输过程中的能量不致产生过大的损耗,往往将该器件设计成多个阶梯结构形式,以达到阻抗匹配降低电磁波传输过程中的损耗。

1 结构特点分析

高通滤波器结构形式如图1所示:它由法兰盘、阶梯侧板、盖板三部分组成。总长为957 mm,其中侧板由多个台阶组成,加工精度为 ± 0.05 mm,侧板零件刚性差,由于零件精度高,结构复杂,要实现其加工难度较大。

2 加工方法分析

波导元器件成形的方法总体说来有以下三种。

2.1 螺钉连接成形法

通过设计定位台阶,台阶处涂导电胶,用螺钉实现连接而形成波导腔体。由于该零件的结构尺寸较大,一是采用螺钉连接成形方法连接时装接困难并不易保证连接面接触良好;二是该种连接方法零件的气密性不易保证。

2.2 电铸成形法

通过加工铝合金的电铸型芯,用电铸的方法成形。由于高通滤波器零件结构尺寸大,增加了电铸芯模加工难度。电铸加工时,零件的直角拐角处易产生电铸缺陷,而造成零件缺陷,影响其使用。电铸

作者简介:冯德贵(1964-),男,毕业于空军雷达学院,工程师,主要从事雷达产品总体工艺的研究工作。

加工成形法加工生产效率低,周期较长,生产成本低,而且不易保证产品质量。

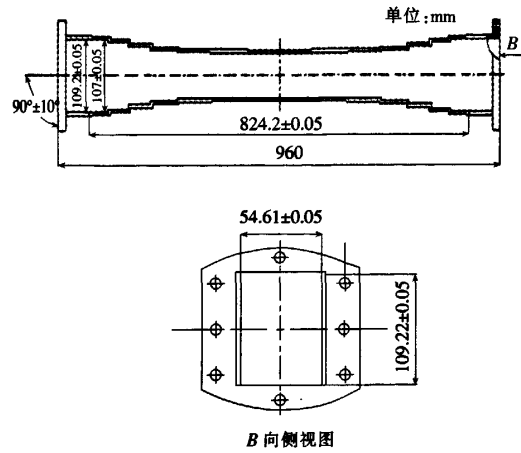


图 1 高通滤波器结构形式图

2.3 热连接成形法

将波导元器件分成多块加工,以零件的定位台阶定位,用弧焊、钎焊和电子束焊而实现连接的成形方法。

2.3.1 弧焊连接成形法

弧焊是一种熔化焊,滤波器腔体四周采用电弧焊后焊缝的成形质量良好,由于是熔化母材,因此波导腔体的尺寸精度不能保证,零件内腔为台阶的结构形式焊缝无法修整。

2.3.2 手工钎焊焊接成形法

滤波器四周采用手工钎焊后焊缝的成形质量良好,由于零件结构尺寸较大,钎焊时零件加热困难,波导腔焊接时受热不均匀,焊接后变形大,零件在焊接后内腔无法整形。

2.3.3 电子束焊接成形法

通过高能电子束熔化母材将高通滤波器上下盖板焊在一起,该种加工方法在原理上来说是可行的,但实现起来非常困难,一是由于高通滤波器的结构为台阶,这样电子束焊的深度不易控制,特别是盖板直角拐角处就更不易掌握;二是电子束焊凝固后对高通滤波器口径尺寸的影响不好控制,焊接后波导内壁四周无法修整。

2.3.4 真空铝钎焊成形

真空铝钎焊加热冷却采用计算机程序控制,主要特点是热循环过程中零件温度均匀,焊后残余应力小,无需整形即可达到设计精度;另外焊接在真空炉中进行,同时在焊接时有添加镁,进一步消耗真空

炉中残余的氧,大大降低了焊接区域的氧含量,保证了钎焊缝成型致密美观。该高通滤波器用真空铝钎焊方式来实现是一种切实经济可行的方法。

3 真空焊接接头设计

真空铝钎焊是在真空中加热到焊接温度,依靠钎料在母材上的润湿形成连续致密的钎焊缝,考虑到加热膨胀和冷却过程的收缩变形,要求零件焊接前具有很高的加工精度,因此焊接装配定位及合理的接头形式显的尤为重要。

3.1 增加零件的刚性便于机械加工

高通滤波器的波导壁厚设计成 4 mm。高通滤波器的结构尺寸长度较大,长度达到 960 mm,零件在加工的过程中易产生变形,为了保证该器件口径尺寸的精度,更便于在生产中加工,将波导结构的壁厚设计成 4 mm。

3.2 增加零件刚性便于焊接和保证焊前装配精度

3.2.1 设计支撑高通滤波器侧板以增加其侧板的刚性

该种方法是不改变高通滤波器侧板的结构形式,通过焊接时在侧板上加装真空焊焊接夹具,来保证波导侧板在高温焊接时不变形,来保证真空焊的焊接精度,该种方法只适合精度要求不高的波导元器件和航空机箱的真空铝钎焊。

3.2.2 改变高通滤波器侧板工艺结构增加刚性

高通滤波器侧板是形成波导腔体的主要结构要素。如果直接加工成 4 mm 的台阶侧板,零件的刚性差,加工过程中易产生变形,从而不易保证侧板零件的尺寸和位置精度。为了保证焊接焊缝质量,真空焊焊接时在零件上加不锈钢压块,侧板较薄,在真空焊高温下强度降低,易产生受压变形,从而不易保证波导腔体焊接的尺寸和位置精度;另外侧板较薄装配时定位不稳,不易保证焊接前波导腔体的装配精度。

比较上述两种方法,采用改变高通滤波器侧板的工艺结构增加侧板的刚性,提高侧板装配的稳定性。侧板焊接工艺结构设计如图 2 所示。

3.3 侧板上设计有溢料槽

侧板的工艺焊接结构加厚,保证了该器件的焊接精度和加工精度,但由于侧板加厚,真空焊的焊接面积加大,焊缝变长,焊接完成后,当将高通滤波器的外形四周采用线切割加工到 4 mm 壁厚时,易将波导侧板真空焊的焊接缺陷外露,从而使侧板处真空焊的焊接缺陷处在零件检漏时产生漏气。工艺增加溢料槽深为 0.2 mm,可以消除焊接缺陷,从而保

证零件的气密性。

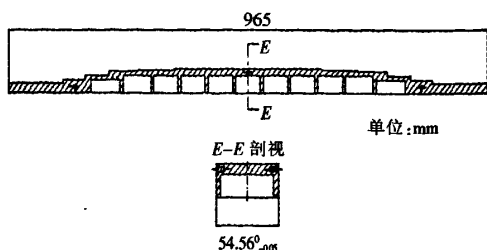


图2 侧板焊接工艺结构设计图

3.4 定位形式

由于采取了将侧板加厚的形式,刚性较好。直接采用六个定位销定位的结构形式,侧板与上下盖板采用平缝对接的连接形式,提高了装配精度,无需螺钉连接,有利于真空焊零件之间的自由接触,易于保证真空焊的焊接精度。

3.5 法兰盘的焊接结构

法兰盘与波导口的连接方式有两种可供选择。

3.5.1 采用铝钎焊的连接形式

采用铝钎焊的焊接接头连接,由于铝在高温条件下比较活泼,极易与铝合金的焊料发生作用,从而使铝钎料在焊缝的流动性变差,从而影响到焊接时法兰盘焊缝的致密性,进而影响到连接的强度。为保证波导内壁连接处无气孔产生,采用了对接的接头连接形式。

3.5.2 采用氩弧焊的连接形式

波导与法兰连接方式采用氩弧焊的连接方式,将法兰盘焊接处开成圆弧形的焊接坡口形式,法兰的底部厚度为6 mm,波导口四周高出法兰面3 mm,由于波导管的四周采用真空铝钎焊,且四周壁厚为4 mm,当氩弧焊时不会在波导管的四周产生熔蚀现象。考虑到波导管的焊接为真空铝钎焊,焊接过程中焊缝处无腐蚀性焊剂加入,再加上氩弧焊时对零件进行局部加热,不会引起真空焊接处焊缝开裂,因此采用氩弧焊的连接方式。

4 真空钎焊工艺

4.1 材料的焊前清洗

真空钎焊工艺不允许零件表面存在油污,如果存在油污,经过加热后残留在金属表面,会起阻钎剂的作用,破坏液态钎料对母材的润湿铺展和良好的钎缝成形。

清洗步骤如下。

(1)零件:碱洗(除油)→冷水冲洗→酸洗(光

化)→冷水冲洗→热水冲洗→烘干。

(2)钎料:砂纸打磨。

4.2 零件的组装及定位

高通滤波器的装配在钳工台上进行,由专人戴手套操作,以防手上的汗渍污染待焊零件,零件的装配采用自夹紧方式,依靠定位销及零件的自重固定。

4.3 工艺参数及过程

为得到良好的钎缝及对工件变形的控制,必须合理选用钎焊工艺参数。

真空度: $1.0 \times 10^{-2} \text{ Pa} \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 。

钎焊温度: $590^\circ\text{C} \sim 610^\circ\text{C}$ 。

冷却方式:炉内氮气强冷。

出炉温度: $< 100^\circ\text{C}$ 。

设备由微机监控,采用手动/自动两种控制方式,设置了必要的互锁、超温报警及紧急制动等保护装置,操作安全可靠。

工件装配完毕后从钳工台上取下,平放在真空炉内导轨上的不锈钢板中间,炉内的五根测温热偶分别插入工件四周不同位置的小孔内。工件的升温及保温由微机或SR53仪表控制。零件冷却到 450°C 时,向炉中充入高纯氮气,并启动风机循环系统快速冷却到 100°C 以下出炉。

4.4 焊后检验

高通滤波器钎缝外观均匀、饱满、光亮,经电性能测试及机械尺寸精度测量,均符合设计要求。

5 结束语

对于形位和尺寸精度要求高的大型结构复杂波导元器件结构件,一般采用通过改变零件的工艺结构形式,增加零件的刚性,以满足焊后零件精度的要求;对于精度要求一般的航空机箱结构件,一般采用焊接夹具的方法来满足零件的要求即可。

参考文献:

- [1] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [2] 邹德. 钎焊[M]. 北京:机械工业出版社,1989.
- [3] 张启运,庄鸿寿. 钎焊手册[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [4] 金霞,杨倡进,刘保祥. 铝及铝合金用钎剂的发展现状和趋势[J]. 电子工艺技术,2008,29(2):112~115.

收稿日期:2008-12-12

微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立, 致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养, 是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司, 以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题, 有资深工程师领衔主讲, 课程既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 设计原理和设计仿真实践相结合, 向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频, 专家授课, 中文讲解, 直观易学; 既有微波滤波器设计原理的详细解释, 也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解, 旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

更多专业培训课程:

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>